

La eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados como estrategia para el establecimiento de normas de fertilización en cítricos

A. Quiñones, B. Martínez-Alcántara, MC. González, C. Montaña y F. Legaz
Departamento de Citricultura y otros Frutales. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Carretera Moncada a Náquera. Km 4,5. 46113 Moncada. Valencia

Palabras clave: Tipo suelo, sistema riego, forma N aplicado, época y frecuencia aplicación, ^{15}N , tiempo de marcado

Resumen

El objetivo del presente trabajo es cuantificar la eficiencia de la absorción por la planta y retención en el suelo del N aportado con los fertilizantes en cítricos, en función de diversas variables que, a priori, pueden influir de forma decisiva sobre estos parámetros; tales como tipo de suelo, sistema de riego, forma del N utilizado, uso de inhibidores de la nitrificación, época y frecuencia de aplicación y tiempo de marcado. En el suelo arenoso se obtuvo una mayor absorción de N por las plantas jóvenes de cítricos que en el franco. Por el contrario, este último retuvo una mayor proporción del N aplicado que el arenoso. Los árboles fertilizados en primavera con nitrato potásico mostraron una eficiencia inferior a los abonados en verano. El aumento de la frecuencia de aplicación y la adición del DMPP incrementaron la eficiencia de absorción de N por los plantones. Así mismo, en el suelo se retuvieron menores concentraciones de N como nitrato y mayores en forma amoniacal y orgánica. Al aplicar una dosis de N excesiva, la eficiencia decreció considerablemente y aumentó en gran medida el riesgo potencial de lixiviación del ion nitrato. En riego a goteo y alta frecuencia de aplicación se lograron eficiencias más altas en la planta que en riego por inundación; además, se recuperaron porcentajes inferiores de N como nitrato en todo el perfil del suelo. Entre las diferentes formas del N aportado, la amoniacal adicionada con el inhibidor nitrificación resultó ser la más eficiente.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones centradas en el establecimiento de la dosificación del abonado nitrogenado en cítricos han seguido diferentes estrategias. Varios autores, centraron sus investigaciones en la evaluación de la respuesta del cultivo a dosis diferenciales de N (Reuther et al., 1957; Bañuls et al., 1998). Dicha respuesta varía con el tipo de suelo, condiciones de cultivo y condiciones climáticas, siendo prácticamente imposible obtener una pauta general de dosificación del N. Otros investigadores estudiaron las concentraciones mínimas de N requeridas en las soluciones de riego para el crecimiento de los cítricos (Chapman y Liebig, 1937; Lea-Cox y Syvertsen, 1996). Cotoí et al. (1973) y Primo-Millo et al. (1977) cuantificaron el consumo de este elemento por los órganos desprendidos durante el período de cuajado (flores, ovarios y frutos en desarrollo). Mientras que en otros trabajos se puso especial énfasis en el N requerido por la cosecha (Dasberg et al. 1983; Alva y Paramasivam, 1998). Sin embargo, en todos estos estudios no se ha tenido en cuenta el consumo de este nutriente para el desarrollo de nuevos tejidos y el crecimiento de los órganos viejos no perecederos (ramas viejas, tronco y raíces). Legaz y Primo Millo (1988) determinaron las necesidades nutritivas anuales de N en 6,8, 210 y 667

g para el nuevo desarrollo vegetativo, la fructificación y el crecimiento de órganos leñosos en naranjos Navelinos de 2, 6 y 12 años, respectivamente.

A estas cantidades se les debe sustraer el N aportado por los órganos de reserva perecederos (las hojas viejas antes de desprenderse), el procedente del agua de riego y de la mineralización de la materia orgánica. De modo que estos autores proponen para la dosificación del abonado, la utilización de las necesidades nutritivas anuales de N incrementadas en función de la eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados. La eficiencia del N se puede definir como la proporción que es aprovechada por la planta al aplicar una dosis determinada de este nutriente. Generalmente, la relación existente entre la cantidad aplicada y la eficiencia no es lineal, de tal forma que, a medida que las dosis aplicadas tienden al óptimo, la eficiencia se inclina al máximo y conforme se aplican dosis excesivas, la eficiencia disminuye y aumentan las pérdidas potenciales de N. Según Legaz y Primo-Millo (2000), el porcentaje de eficiencia debe calcularse para la dosis considerada agrónicamente óptima para un cultivo y con unas prácticas culturales determinadas.

El objetivo del presente trabajo es determinar la eficiencia de la absorción por la planta y retención en el suelo del N aportado con los fertilizantes en cítricos, en función de diversas variables que, a priori, pueden influir de forma decisiva sobre estos parámetros; tales como tipo de suelo, sistema de riego, forma del N utilizado, uso de inhibidores de la nitrificación, época y frecuencia de aplicación y tiempo de marcado. Para ello, se utilizará la técnica de marcado isotópico con ^{15}N que permite una cuantificación exhaustiva de la absorción por la planta del N aplicado, su traslocación y distribución entre sus diferentes órganos; así como su retención en las fracciones nitrogenadas del suelo y distribución en el perfil del mismo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los ensayos sobre la recuperación por la planta y suelo del N aplicado se plantearon en función de las variables indicadas.

1. Tipo de suelo, forma del N aportado, época de aplicación, tiempo de marcado y riego por inundación

En este estudio se utilizaron plantones (3 años de edad) de naranjos Valencia Late (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) injertados sobre citrange Carrizo (*C. sinensis* x *P. trifoliata*). Las plantas se cultivaron al aire libre en depósitos cilíndricos de 1000 litros de capacidad con 2 tipos de suelo (arenoso y franco). El aporte de 30 g N planta⁻¹ año⁻¹ se realizó con K^{15}NO_3 o con $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, enriquecidos al 8.5% con ^{15}N , ambos se suministraron en una aplicación en marzo (tratamientos de primavera) y en julio sólo se aportó nitrato potásico (tratamientos de verano). Los aportes hídricos del agua de riego y de la lluvia no provocaron drenajes a lo largo de los tratamientos. Las plantas se extrajeron del suelo en diferentes momentos del ciclo vegetativo (total caídas de pétalos, final de la brotación de verano y de otoño e inicio del período de letargo).

2. Uso del inhibidor de la nitrificación (DMPP), frecuencia de aplicación del N y riego a goteo

Este ensayo también se llevó a cabo en plantones de la misma edad, pero de la variedad Lane-late (*C. sinensis*) injertados sobre el mismo patrón, cultivados en macetas individuales de 16 L con un suelo franco arcillo arenoso y en condiciones controladas de invernadero. A cada planta se le aplicaron 7.2 g N $^{15}\text{NH}_4^{15}\text{NO}_3$ (enriquecido al 2.5%) que se distribuyeron a lo largo del período experimental de junio a noviembre (a la mitad de los

tratamientos se les adicionó DMPP al 0.5%). El fertilizante sin y con DMPP se aplicó con una frecuencia mensual de 1, 2, 8 y 30 veces.

3. Tipo de riego, frecuencia de aplicación del N y riego a goteo

Este experimento se realizó con árboles de la variedad Navelina de 8 años de edad (*C. sinensis*) también injertados sobre *citrange* Carrizo, cultivados en lisímetros hexagonales con 5000 Kg de suelo franco arcilloarenoso. A cada planta se le suministró 175 g N planta⁻¹ año⁻¹ (125 g como K¹⁵NO₃, enriquecido al 7% y 50 g aportados por el NO₃⁻ del agua de riego). La frecuencia de aplicación del N en riego por inundación y goteo se expone en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución estacional del fertilizante en ambos sistemas de riego.

Tratamiento	A	B	C	D
Riego	Inundación	Inundación	Goteo	Goteo
Aplicaciones	2	5	66	66
Distribución N	50%: Mar-Jun	20%: Mar-May-Jun-Jul-Ago	1	2

¹La distribución mensual se realizó de acuerdo con la curva de absorción estacional de N establecida por Legaz y Primo-Millo (2000) para cítricos en riego a goteo.

²La distribución mensual se realizó aportando una cantidad constante de N por cada litro de agua aplicada.

4. Uso del inhibidor de la nitrificación (DMPP), forma del N aplicado y riego a goteo

Este estudio se llevó a cabo en naranjos pero con 10 años de edad (con la misma combinación que el ensayo el anterior y en idénticas condiciones de cultivo). La dosis de 220 g de N planta⁻¹ año⁻¹ se aportó 100% en forma amoniacal (sulfato amónico: SA) sin y con DMPP, 50% en forma amoniacal y nítrica (nitrato amónico: NA) y 100% como nitrato (nitrato potásico: NK y nitrato cálcico: NCa). Los fertilizantes de los 4 tratamientos se aplicaron enriquecidos al 4% y se distribuyeron mensualmente en 66 veces de acuerdo con la curva de absorción estacional de N establecida por Legaz y Primo-Millo (2000).

A fin de evaluar el N absorbido del fertilizante se extrajeron las plantas del suelo, al final del periodo de marcado y se separaron sus diferentes órganos. También se realizaron muestreos de suelo para conocer la retención del N aplicado en las distintas fracciones nitrogenadas de su perfil.

En las muestras vegetales y de suelo se determinó la concentración de nitrógeno total mediante el método semi-micro de Kjeldahl descrito por Bremner (1965). El análisis del N mineral del suelo se analizó mediante Flow Injection Analysis siguiendo la metodología descrita por Raigón et al. (1992). El contenido en N orgánico del suelo se calculó por diferencia entre el contenido en N total y mineral. La determinación de la relación isotópica (¹⁴N/¹⁵N) se llevó utilizando un espectrómetro de emisión JASCO-15 o un espectrómetro de masas NC 2500, Delta Plus.

El estudio estadístico se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA) y las diferencias significativas entre medias se determinaron a través del test LSD-Fisher (P≤0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ensayo 1. Con respecto a la forma de N aplicado (amoniacal o nítrica), en los tratamientos de primavera se obtuvieron mayores valores de N absorbido por la planta con NP que con

SA en el arranque de noviembre, con independencia del tipo de suelo; en las extracciones restantes se mantuvo la misma pauta, aunque las diferencias entre los tratamientos no fueron significativas (Tabla 2). El porcentaje de N retenido en el perfil del suelo (0-90 cm

Tabla 2. Porcentajes de N recuperado del fertilizante en el sistema planta-suelo en diferentes épocas de extracción de las plantas¹.

Tratamientos de Primavera					ANOVA ²	
Mayo	SA Ar	SA Fr	NP Ar	NP Fr	A ³	S ⁴
Planta	14.1±0.5	5.2±0.8	13.6±0.9	7.5±1.6	N.S.	***
Suelo	45.6±9.6	56.8±10.1	53.2±12.7	60.9±15.6	*	**
Julio	SA Ar	SA Fr	NP Ar	NP Fr	A ³	S ⁴
Planta	36.1±0.4	20.2±4.0	40.3±2.8	24.9±3.9	N.S.	**
Suelo	9.0±0.9	36.2±3.2	8.41±1.0	37.9±4.3	N.S.	***
Septiembre	SA Ar	SA Fr	NP Ar	NP Fr	A ³	S ⁴
Planta	36.5±0.1	35.6±2.6	41.8±1.6	36.9±1.2	N.S.	N.S.
Suelo	5.7±0.2	18.6±1.5	4.6±0.1	17.3±1.4	N.S.	***
Noviembre	SA Ar	SA Fr	NP Ar	NP Fr	A ³	S ⁴
Planta	37.9±0.3	33.8±0.4	40.1±2.0	37.0±0.9	*	*
Suelo	4.6±0.2	13.9±1.5	4.7±0.1	10.9±1.4	N.S.	***
Tratamientos de Verano					ANOVA ²	
Septiembre	NP Ar	NP Fr			E ⁵	S ⁶
Planta	48.0±5.8	35.6±4.2			N.S.	*
Suelo	10.9±0.8	29.4±2.0			***	***
Noviembre	NP Ar	NP Fr			E ⁵	S ⁶
Planta	59.0±4.4	51.5±3.1			**	N.S.
Suelo	3.8±0.8	14.9±2.0			**	***

¹Cada valor es la media de 2 árboles ± desviación estándar.

²ANOVA, diferencias significativas para P≤0.05 (*); P≤0.01 (**) y P≤0.001 (***) y no significativas (N.S.) según LSD-Fisher test.

³Diferencias entre tratamientos debidas al tipo de abono aplicado (¹⁵NH₄)₂SO₄ o K¹⁵NO₃) en primavera.

⁴Diferencias entre tratamientos debidas al tipo de suelo en primavera (arenoso o franco).

⁵Diferencias entre los tratamientos debidas a la época de aplicación del K¹⁵NO₃ en primavera o verano.

⁶Diferencias entre tratamientos debidas al tipo de suelo (arenoso o franco).

de profundidad) fue significativamente más elevado en los tratamientos con NP en el arranque de mayo; mientras que en las restantes épocas no se encontraron diferencias significativas. En cuanto al tipo de suelo, los árboles cultivados en el arenoso alcanzaron porcentajes N absorbido de los fertilizantes significativamente mayores que los cultivados en el franco en los arranques de mayo, julio, septiembre y noviembre, independientemente del tipo de abono (tratamientos de primavera y de verano). Sin embargo, en el suelo arenoso se retuvieron porcentajes de N significativamente menores que en el franco en todos los tratamientos y épocas de arranque. Si tenemos en cuenta la época de aplicación del NP, las plantas abonadas en primavera absorbieron (a pesar de disponer de un período más largo de marcado) absorbieron menos N que las fertilizadas en verano, independientemente del tipo de suelo, siendo las diferencias significativas en el arranque de

noviembre. Los datos del N retenido en el perfil del suelo mostraron una tendencia muy similar. En los árboles cultivados en el suelo arenoso, las eficiencias se estabilizaron en la extracción de julio; mientras que en el franco ocurrió en la siguiente extracción (septiembre). En otros estudios se han obtenido valores parecidos del N absorbido por la planta, así Kubota *et al.* (1976b) obtuvieron una eficiencia del 61% en mandarinos satsumas marcados de junio a diciembre con nitrato cálcico en riego por inundación. En otro ensayo similar a este, Kato *et al.* (1981) hallaron un valor parecido (62.7% de eficiencia), al aplicar el fertilizante a mitad de julio y extraer los árboles a finales de noviembre.

Ensayo 2. Las plantas que recibieron aportes diarios de N y 0.5 % de DMPP presentaron las mayores eficiencias de absorción de N y retenciones del N en suelo en forma orgánica, mientras que el N retenido en forma de NO_3^- mostró los menores porcentajes (Tabla 3). El %DMPP influyó también de forma significativa en la cantidad de N- NO_3^- retenida en el suelo al final del ensayo. Así, los tratamientos con DMPP (0.5%) presentaron contenidos en nitrato significativamente menores a los sin DMPP. Serna *et al.* (2000) encontraron que el DMPP añadido al nitrosulfato amónico originó a una mayor

Tabla 3. Porcentajes de N recuperado del fertilizante en el sistema planta-suelo en el momento de extraer las plantas¹.

Tratamientos y aplicaciones por mes	DMPP (%)	Planta	N- NO_3^-	N-orgánico	Total suelo
1. 1	0.0	23.4±2.3a	56.3±4.1ef	6.6±2.7ab	63.6±6.3
2. 1	0.5	24.2±3.7ab	51.8±5.3cd	6.5±1.1ab	60.1±5.7
3. 2	0.0	24.1±1.9ab	57.1±2.3f	5.3±2.4a	63.0±4.0
4. 2	0.5	25.3±2.3ab	55.3±1.6ef	6.8±2.3ab	63.6±2.8
5. 8	0.0	22.5±2.6a	50.8±3.7bc	7.4±2.5ab	60.7±2.8
6. 8	0.5	24.8±3.4ab	54.2±5.8cde	7.9±2.0ab	66.0±3.7
7. 30	0.0	22.9±2.7a	51.7±7.5cd	10.6±3.0bc	64.3±7.4
8. 30	0.5	29.3±4.2b	41.0±3.2a	15.3±11.5c	63.3±10.1
ANOVA ² T ³		N.S.	*	*	N.S.
AM ⁴		N.S.	*** (30<8-1-2)	** (1-2-8<30)	N.S.
DMPP ⁵		N.S.	** (0<0.5)	N.S. (0<0.5)	N.S.

¹Cada valor es la media de 4 plantas ± desviación estándar.

²ANOVA, diferencias significativas para $P \leq 0.05$ (*); $P \leq 0.01$ (**) y $P \leq 0.001$ (***) y no significativas (N.S.) según LSD-Fisher test. Letras diferentes en una columna significa diferencias significativas.

³Diferencias entre tratamientos.

⁴Diferencias entre tratamientos debidas al número de aplicaciones mensuales de fertilizante o de éste más el inhibidor.

⁵Diferencias entre tratamientos debidas a las dosis de DMPP.

absorción del N procedente del fertilizante en cítricos. Estos autores también encontraron que el inhibidor permite mantener altos niveles de amonio en el suelo, lo que favorece la absorción del N por la planta, ya que los cítricos son capaces de absorber NH_4^+ del medio de cultivo en mayor proporción que el NO_3^- (Serna et al., 1992).

Ensayo 3. El mayor valor de eficiencia de absorción de N y el menor porcentaje de retención del N en el suelo en forma nítrica se obtuvo en los árboles del tratamiento C (Tabla 4). El sistema de riego empleado afectó de manera significativa a la eficiencia de absorción de N por la planta, así los árboles con goteo presentaron un mejor aprovechamiento que los regados por inundación. La mayor parte de los estudios hacen referencia a la eficiencia de absorción del N en períodos de marcado notablemente inferiores al ciclo vegetativo completo de los cítricos, y solamente en los trabajos de Feigenbaum *et al.* (1987) se cuantificó la eficiencia al final del ciclo. Este autor logró eficiencias del 56.6 y 40.3% en naranjos adultos "Shamouti" fertilizados con una dosis baja o alta de nitrato potásico marcado. El sistema de riego también afectó de forma significativa a la cantidad de ^{15}N retenida en la fracción mineral de todo el perfil de suelo; de modo que en el riego por inundación quedaron retenidas mayores cantidades de nitrato susceptibles de lavado que en el de goteo. Por otro lado, para el mismo sistema de riego, el grado de fraccionamiento de la dosis también afectó de forma significativa a la cantidad de ^{15}N retenida en forma nítrica en inundación, siendo superior en el tratamiento B que en el A.

Tabla 4. Porcentajes de N recuperado del fertilizante en el sistema planta-suelo en el momento de extraer las plantas¹.

Tratamientos	Planta	N- NO_3^-	N-orgánico	Suelo
A	62.6±8.2a	7.1±0.3b	12.6±0.5b	19.7±2.0b
B	64.0±7.2a	9.1±0.5c	14.0±0.3b	23.1±1.5c
C	75.0±2.9c	0.9±0.1a	11.8±1.8a	12.7±1.2a
D	70.8±3.6b	1.1±0.1a	12.1±0.9a	13.2±1.9a
ANOVA ² R ³	**	***	N.S.	***
A vs. B ⁴	N.S.	*	N.S.	*
C vs. D ⁵	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

¹Cada valor es la media de 3 árboles ± desviación estándar.

²ANOVA, diferencias significativas para $P \leq 0.05$ (*); $P \leq 0.01$ (**) y $P \leq 0.001$ (***) y no significativas (N.S.) según LSD-Fisher test.

³Diferencias entre tratamientos debidas al tipo de riego.

⁴Diferencias entre los tratamientos A y B debidas al nivel de fraccionamiento de la dosis de N en riego por inundación.

⁵Diferencias entre los tratamientos C y D debidas al porcentaje de distribución mensual en riego a goteo.

Ensayo 4. La forma del N utilizado afectó de manera significativa al N absorbido por la planta, principalmente debido a las diferencias observadas en el sistema radical. La menor eficiencia de absorción de N correspondió al tratamiento con sulfato amónico; sin embargo, con la adición de DMPP se alcanzó el mayor valor. Serna et al. (2000), Bañuls et al. (2001) y Carrasco y Villar (2001) también encontraron una mayor eficiencia en la absorción de N

cuando usaron DMPP. En los tratamientos con nitratos se obtuvieron eficiencias intermedias (Tabla 5). Sin embargo, Legaz et al. (1994) obtuvieron mayores concentraciones foliares de N en árboles adultos de clementina de Nules fertilizados a goteo con nitrato que con amonio y las menores valores correspondieron a la aplicación de urea (en este ensayo no se utilizaron fertilizantes marcados con ^{15}N).

Tabla 5. Porcentajes de N recuperado de los fertilizantes por diferentes órganos y por la planta completa en el momento de extraer los árboles¹.

Tratamientos	Órganos jóvenes	Órganos viejos	Raíz	Total planta
SA	25.4±3.4	16.8±0.6	6.7±0.9a	48.9±3.6a
SA+DMPP	28.4±2.5	21.2±1.8	15.3±3.8b	64.9±7.3b
NA	30.6±2.0	18.0±2.7	10.7±2.6ab	59.3±0.3b
NK+Nca	29.3±2.5	20.9±3.9	7.9±1.8a	58.1±5.2b
ANOVA ² : A ³	N.S.	N.S.	*	*

¹Cada valor es la media de 3 árboles ± desviación estándar.

²ANOVA, diferencias significativas para $P \leq 0.05$ (*) y no significativas (N.S.) según LSD-Fisher test.

³Diferencias entre tratamientos debidas al tipo de abono.

CONCLUSIONES

Las plantas cultivadas en suelo arenoso absorbieron más N del fertilizante que las del franco. Sin embargo, el suelo arenoso retuvo menor cantidad de N.

Las plantas abonadas en verano fueron más eficientes en la absorción de N que las fertilizadas en primavera. El aumento de la frecuencia de aplicación del N y la adición del inhibidor de la nitrificación ocasionó mayores concentraciones de N en forma orgánica y amoniacal, y menores en forma nítrica en el perfil suelo. La eficiencia de absorción del N por la planta alcanzó mayores cotas en riego a goteo con alta frecuencia de aplicación de la dosis de N que en los sistemas tradicionales de riego con bajo grado de fraccionamiento. La incorporación del DMPP a los abonos amoniacales aumentó considerablemente la eficiencia de éstos. Los valores de la eficiencia variaron notablemente, debido a que las dosis de N aplicadas no se ajustaron de igual manera a la necesidades de N de las plantas de cada ensayo.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos INIA: SC97-104 y RTA01-116.

Referencias

- Alva, A.K. and Paramasivam, S. 1998. Nitrogen management for high yield and quality of citrus in sandy soils. *Soil Sci. Soc. of Amer. J.* 62(5):1335-1342.
- Bañuls, J., Ferrer, P. and Legaz, F. 1998. Influencia de la fertilización nitrogenada en naranjo Navelino en riego por inundación. *Levante Agrícola* 345:313-316.
- Bañuls, J, Quiñones, A., Primo-Millo, E. and Legaz, F. 2001. A new nitrification inhibitor (DMPP) improves the nitrogen fertilizer efficiency in citrus-growing systems. *Fourteenth International Plant Nutrition Colloquium. Hannover. Germany.* 1: 762-763.

- Carrasco, I. and J.M. Villar. 2001. Field evaluation of DMPP as a nitrification inhibitor in the area irrigated by the Canal d'Urgell (Northeast Spain). Fourteenth International Plant Nutrition Colloquium. Hannover. Germany. 1: 764-765.
- Chapman, H.D. and Liebig, G.F. 1937. The effects of various nitrate concentrations on the growth and composition of sweet orange seedlings. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 2:359-365.
- Cotolí, A., García Martínez, J.L. and Picó, F. 1973. Estudio de las necesidades nutritivas del naranjo II. Evolución del contenido en macroelementos y diversas formas de los mismos en hojas y frutos de W. Navel y Valencia Late a lo largo del año. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.* 13:401-415.
- Dasberg, S., Bielorai, H. and Erner, J. 1983. Nitrogen fertigation of Shamouti oranges. *Plant and Soil* 75:41-49.
- Feigenbaum, S., Bielorai, H., Erner, Y. and Dasberg, S. 1987. The fate of ^{15}N labelled nitrogen applied to mature citrus trees. *Plant and soil* 97:179-187.
- Kato, T., Kubota, S. and Tsukahara, S. 1981. ^{15}N absorption and traslocation in Satsuma mandarin trees. VI. Uptake and distribution of nitrogen supplied in summer. *Bull. Shikoku Agric. Exp. Stn.* 36:1-6.
- Kubota, S., Kato, T., Akao, S. and Bunya, C. 1976. ^{15}N absorption and traslocation by Satsumas mandarin trees. IV. Behaviour of nitrogen supplied in early summer. *Bull. Shikoku Agric. Exp. Stn.* 29:55-66.
- Lea-Cox, J.D. and Syvertsen, J.P. 1996. How nitrogen supply affects growth and nitrogen uptake, use efficiency, and loss from Citrus seedlings. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 121(1):105-114.
- Legaz, F. y Primo-Millo, E. 1988. Normas para la fertilización de los agrios. Conselleria d'Agricultura i Pesca. Fullets Divulgació.
- Legaz, F. y Primo-Millo, E. 2000. Criterios para la fertilización de cítricos en riego localizado por goteo. p. 137-155. En: Curso de fertirrigación de cítricos. Giner J F, M. V Phytoma-España, S.L. (ed.), Universitat Politècnica València. Conselleria d'Agricultura, Peixca i Alimentació.
- Legaz, F., Pérez-García, M., Serna, M.D., Puchades, M., Maquieira, A. and Primo-Millo, E. 1994. Effectiveness of the N form applied by a drip irrigation system to citrus. VII International Citrus Congress (1992). Acireale, Sicilia (Italia). p. 2:590-592.
- Primo-Millo, E., Ibáñez, R., Martín, B. And Legaz, F. 1977. Productividad de la variedad de naranjo Navelate I. Factores que afectan a la fructificación. *Ann. INIA; Serv. Prod Veg.* nº 7.
- Raigon, M.D., Pérez-García, M., Maquieira, A. and Puchades, R. 1992. Determination of available nitrogen (nitric and ammoniacal) in soils by flow injection analysis. *Analysis* 20:483-487.
- Reuther, W., Smith, P.F., Scuader, G.K., Hrciar, G., 1957. Responses of Valencia orange trees to timing, rates and ratios of nitrogen fertilization. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 70:223-236.
- Serna, M.D., Borrás, R., Legaz, F. and Primo-Millo, E. 1992. The influence of nitrogen concentration and ammonium/nitrate ratio on N-uptake, mineral composition and yield citrus. *Plant and Soil.* 147:13-23.
- Serna, M. D., Bañuls, J., Quiñones, A., Primo-Millo, E. and Legaz, F. 2000. Evaluation of 3,4-dimethylpyrazole phosphate as a nitrification inhibitor in a Citrus cultivated soil. *Biol. Fertil. Soils*, 32: 41-46.